

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-116658

(43)Date of publication of application : 07.05.1996

(51)Int.Cl.

H02K 33/16
F04B 17/04

(21)Application number : 06-275724

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 14.10.1994

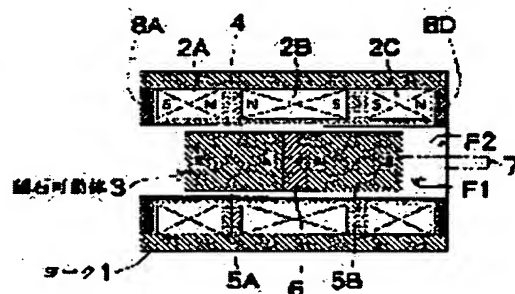
(72)Inventor : HIRABAYASHI YASUYUKI
OYAMA TAKATOSHI
SAITO SHIGEO

(54) VARIABLE MAGNET LINEAR ACTUATOR AND PUMP

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce a thrust curve suitable for the application or the purpose by enhancing the thrust in the vicinity of the end of stroke of a movable magnet and suppressing fluctuation in the stroke of the movable magnet due to fluctuation of a load.

CONSTITUTION: An intermediate soft magnetic body 6 is interposed between permanent magnets 5A, 5B facing each other with same pole thus constituting a movable magnet 3. The movable magnet 3 is disposed movably on the inside of a series of three coils 2A, 2B, 2C having regulated positional relationship. Soft magnetic bodies 8A, 8B are fixed at positions causing no trouble in the movement of the movable magnet 3 on the opposite end sides of the series of three coils 2A, 2B, 2C. The series of three coils 2A, 2B, 2C are connected such that the currents flow in different directions on the opposite sides of the pole of each permanent magnet 5A, 5B when a thrust is generated.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-116658

(43) 公開日 平成8年(1996)5月7日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 2 K 33/16

F 0 4 B 17/04

識別記号

A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 0 4 B 17/ 04

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願平6-275724

(22) 出願日

平成6年(1994)10月14日

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 平林 康之

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 大山 貴俊

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 斉藤 重男

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内

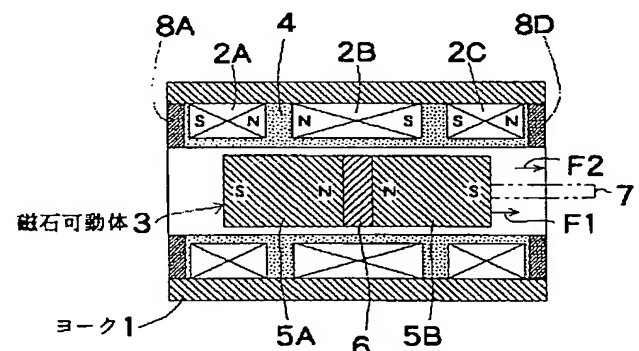
(74) 代理人 弁理士 村井 隆

(54) 【発明の名称】 磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプ

(57) 【要約】

【目的】 磁石可動体のストローク端近傍での推力を強化し、負荷の変動に伴う磁石可動体のストロークの変動を抑え、用途や使用目的に合わせた推力カーブを持つことを可能とする。

【構成】 同極対向された永久磁石5A、5B間に中間部軟磁性体6を設けて磁石可動体3を構成し、相互の位置関係が一定に規制された3連のコイル2A、2B、2Cの内側に当該磁石可動体3を移動自在に設け、前記3連のコイル2A、2B、2Cの両端側で前記磁石可動体3の移動を妨げない位置に固定側の軟磁性体8A、8Bを固定配置し、前記3連のコイル2A、2B、2Cを、推力発生時において各永久磁石5A、5Bの磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線した構成である。



2A, 2B, 2C: コイル、5A, 5B: 永久磁石
6: 中間部軟磁性体、8A, 8B: 円環状軟磁性体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同極対向された少なくとも 2 個の永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成し、相互の位置関係が一定に規制された少なくとも 3 連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも 3 連のコイルの少なくとも一端側又は両端側で前記磁石可動体の移動を妨げない位置に固定側軟磁性体を固定配置し、前記少なくとも 3 連のコイルを、推力発生時において各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線したことを特徴とする磁石可動型リニアアクチュエータ。

【請求項 2】 前記少なくとも 3 連のコイルのコイル間にも固定側軟磁性体を固定配置した請求項 1 記載の磁石可動型リニアアクチュエータ。

【請求項 3】 前記少なくとも 3 連のコイルの外周側に、前記固定側軟磁性体と一体又は別体に形成した軟磁性体ヨークを設けて、前記永久磁石の着磁方向に垂直な方向の磁束成分を増加させるための磁気回路を構成した請求項 1 又は 2 記載の磁石可動型リニアアクチュエータ。

【請求項 4】 前記磁石可動体の軸方向両端に位置する前記永久磁石の外側端面に端部軟磁性体を設けた請求項 1、2 又は 3 記載の磁石可動型リニアアクチュエータ。

【請求項 5】 前記磁石可動体の片側又は両側に当該磁石可動体を押し戻すばね又は当該磁石可動体に対して反発力を発生する戻し用永久磁石を配設した請求項 1、2、3 又は 4 記載の磁石可動型リニアアクチュエータ。

【請求項 6】 同極対向された少なくとも 2 個の永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成し、相互の位置関係が一定に規制された少なくとも 3 連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも 3 連のコイルの少なくとも一端側又は両端側で前記磁石可動体の移動を妨げない位置に固定側軟磁性体を固定配置し、前記少なくとも 3 連のコイルを、推力発生時において各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線し、前記少なくとも 3 連のコイルに対し一定位置関係に設けられたケーシング室に対し往復駆動体を設けるとともに、該往復駆動体を前記磁石可動体に連結したことを特徴とする磁石可動型ポンプ。

【請求項 7】 前記少なくとも 3 連のコイルの各コイル間に前記固定側軟磁性体を配置した請求項 6 記載の磁石可動型ポンプ。

【請求項 8】 前記少なくとも 3 連のコイルの外周側に、前記固定側軟磁性体と一体又は別体に形成した軟磁性体ヨークを設けて、前記永久磁石の着磁方向に垂直な方向の磁束成分を増加させるための磁気回路を構成した請求項 6 又は 7 記載の磁石可動型ポンプ。

【請求項 9】 前記磁石可動体の軸方向両端に位置する前記永久磁石の外側端面に端部軟磁性体を設けた請求項 6、7 又は 8 記載の磁石可動型ポンプ。

【請求項 10】 前記ケーシング室がシリンダ室を構成し、該シリンダ室に前記往復駆動体としてのピストンが摺動自在に設けられている請求項 6、7、8 又は 9 記載の磁石可動型ポンプ。

【請求項 11】 前記往復駆動体が可撓性を有するダイアフラムであり、該ダイアフラム周縁部が前記ケーシング室に固定されている請求項 6、7、8 又は 9 記載の磁石可動型ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、制御機器、電子機器、工作機械等において電気エネルギーを電磁作用により往復運動エネルギー等に変換させる磁石可動型の往復運動装置であり、パイプレータ、流体ポンプ、コンプレッサ等の用途に使用できる磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、磁石可動型の往復運動装置としては、特開平 6-38486 号で開示され、図 15 に示される磁石可動型リニアアクチュエータがある。

【0003】図 15 の従来例において、1 は軟磁性体の円筒状ヨークであり、該円筒状ヨーク 1 の内側に 3 連のコイル 2A、2B、2C が配置され、磁石可動体 11 を摺動自在に案内するためのガイド筒体 10 を構成する絶縁樹脂等の絶縁部材で円筒状ヨーク 1 に固着されている。磁石可動体 11 は同極対向配置の 2 個の円柱状永久磁石 5A、5B と、これらの永久磁石 5A、5B 間に固着される円柱状中間部軟磁性体 6 とを一体化したものである。前記 3 連のコイル 2A、2B、2C は、磁石可動体 11 の外周側を周回する如く巻回され、磁石可動体 11 を構成する永久磁石 5A の左端、永久磁石 5A、5B の同極対向端、及び永久磁石 5B の右端の磁極からの磁束とそれぞれ鎖交するように配置されている。これらのコイル 2A、2B、2C は推力発生時において永久磁石 5A、5B の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線されている（磁極間の境は磁極と磁極の間であれば必ずしも磁極中間位置になくともよい。）。そして、コイル 2A、2B、2C と磁石可動体 11 との位置関係は、当該磁石可動体 11 の大部分の可動位置において、永久磁石磁極間を境にして各コイルに流れる電流が相互に逆向きとなるように設定しておく。なお、永久磁石 5A、5B の外側端面には必要に応じて推力を外部に伝達するためのピン 7 等を図 15 の仮想線の如く設けてもよい。

【0004】ここで、上記従来例において、磁石可動体 11 に発生する推力は、基本的にはフレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力に準ずるものである（フレミングの左手の法則はコイルに対して適用されるが、ここではコイルが固定のため、磁石可動体にコイルに作用する力の反力としての推力が発生する。）。したがっ

て、推力に寄与するのは、磁石可動体11が有する永久磁石5A、5Bの磁束の垂直成分（永久磁石5A、5Bの軸方向に直交する成分）である。

【0005】ところで、磁石可動体11の構造を、図15のように2個の永久磁石5A、5Bを同極対向させかつ永久磁石5A、5B間に中間部軟磁性体6を配置することにより、中間部軟磁性体位置の表面磁束密度の垂直成分が、中間部軟磁性体の無い場合よりも大きくできることがわかっている。また、各コイル2A、2B、2Cの外周側に軟磁性体の円筒状ヨーク1を設けた場合には、磁石可動体11の表面磁束密度の垂直成分をさらに増大させることが可能である。

【0006】以上のように、2個の永久磁石5A、5Bを同極対向させかつ永久磁石間に中間部軟磁性体6を設けた磁石可動体11は、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体11の長手方向に垂直な磁束成分を大きくでき、かつ3連のコイル2A、2B、2Cは永久磁石の全磁極の磁束と有効に鎖交するので、3連のコイル2A、2B、2Cに交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、大きな推力を発生することができる。各コイルの電流を反転させれば磁石可動体11の推力の向きも反転する。交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すバイブレータとして働く。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、磁石可動型リニアアクチュエータにおける磁石可動体に発生する推力は、基本的にはフレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力に準ずるものであり、推力を大きくするにはコイルと鎖交する永久磁石の磁束の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が多いことが望まれるが、図15の従来例の構造では、図16の曲線（イ）に示す磁石可動体11の軸方向変位量と推力（gf）との関係より、磁石可動体11のストロークの中心（変位量零）で最大推力となり、両側のストローク端にいくほど推力が小さくなっていることがわかる。この特性は、永久磁石間に中間部軟磁性体を設けたり、コイルの外周側に軟磁性体ヨークを設けたりして、永久磁石の磁束の垂直成分の増加を図っても同様に表れる。

【0008】なお、図16の曲線（イ）の測定は、直径2.5mm、長さ3mmの希土類永久磁石5A、5Bの間に長さ1mmの軟磁性体6を配置してなる磁石可動体11を用いた磁石可動型リニアアクチュエータにおいて、3連のコイル2A、2B、2Cに40mAの電流を流し、磁石可動体11の中間点が中央のコイル2Bの中間点に位置するときを変位量零として行ったものである（但し、円筒状ヨーク1の影響を無視した。）。

【0009】前述のように、磁石可動体のストローク端近傍での推力が小さいため、磁石可動型リニアアクチュエータへの負荷、すなわち磁石可動体11への負荷が大

きくなるとストロークが小さくなってしまい、負荷の大きさが変動するとストロークも変動してしまう。

【0010】また、図15の従来例の構造をもとにポンプを構成する場合、磁石可動体に連結されたピストンやダイヤフラムを往復駆動する際、ピストンやダイヤフラムが磁石可動体のストローク端側に押される距離が大きくなるほど、ピストンやダイヤフラムが元に戻ろうとする反発力が大きくなる。すなわち、磁石可動体の変位量が大きいほど前記反発力が強くなる。従って、前述のように、磁石可動体は両側のストローク端にいくほど推力が小さくなるため、反発力に抗しきれず充分なストロークを確保できないので、ポンプの効率向上が困難であった。

【0011】本発明は、上記の点に鑑み、磁石可動体のストローク端近傍での推力を強化し、負荷の変動に伴う磁石可動体のストロークの変動を抑え、用途や使用目的に合わせた推力カーブを持つことを可能にした磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプを提供することを目的とする。

【0012】本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施例において明らかにする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の磁石可動型リニアアクチュエータは、同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成し、相互の位置関係が一定に規制された少なくとも3連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルの少なくとも一端側又は両端側で前記磁石可動体の移動を妨げない位置に固定側軟磁性体を固定配置し、前記少なくとも3連のコイルを、推力発生時において各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線した構成としている。

【0014】また、本発明の磁石可動型ポンプは、同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成し、相互の位置関係が一定に規制された少なくとも3連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルの少なくとも一端側又は両端側で前記磁石可動体の移動を妨げない位置に固定側軟磁性体を固定配置し、前記少なくとも3連のコイルを、推力発生時において各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線し、前記少なくとも3連のコイルに対し一定位置関係に設けられたケーシング室に対し往復駆動体を設けるとともに、該往復駆動体を前記磁石可動体に連結した構成としている。

【0015】また、前記磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいて、前記少なくとも3連のコイルのコイル間にも固定側軟磁性体を固定配置してもよい。

【0016】さらに、前記磁石可動型リニアアクチュエ

10

20

30

40

50

ータ及びポンプにおいて、前記少なくとも3連のコイルの外周側に、前記固定側軟磁性体と一体又は別体に形成した軟磁性体ヨークを設けて、前記永久磁石の着磁方向に垂直な方向の磁束成分を増加させるための磁気回路を構成してもよい。

【0017】また、前記磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいて、前記磁石可動体の軸方向両端に位置する前記永久磁石の外側端面に端部軟磁性体を設けてもよい。

【0018】前記磁石可動型リニアアクチュエータにおいて、前記磁石可動体の片側又は両側に当該磁石可動体を押し戻すばね又は当該磁石可動体に対して反発力を発生する戻し用永久磁石を配設してもよい。

【0019】前記磁石可動型ポンプにおいて、前記ケーシング室がシリンダ室を構成し、該シリンダ室に前記往復駆動体としてのピストンを摺動自在に設けてもよい。

【0020】また、前記磁石可動型ポンプにおいて、前記往復駆動体が可撓性を有するダイヤフラムであり、該ダイヤフラム周縁部が前記ケーシング室に固定されている構成であってもよい。

【0021】

【作用】本発明の磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいては、同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成し、相互の位置関係が一定に規制された少なくとも3連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルの少なくとも一端側又は両端側に固定側軟磁性体を固定配置し、前記少なくとも3連のコイルを、推力発生時において各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線した構成としている。この基本動作原理は、前記少なくとも3連のコイルと磁石可動体の各磁極が発生する磁束とを有効に鎖交可能として、磁石可動体の軸方向に垂直な磁束成分と、各コイルに流れる電流との間のフレミングの左手の法則に基づく推力で磁石可動体を駆動するものであり、各コイルの電流を反転させれば磁石可動体の推力の向きも反転し、交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返す往復運動を行う。

【0022】そして、同極対向された永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成しているので、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与する磁石可動体の軸方向（永久磁石の着磁方向）に垂直な磁束成分を充分大きくできる。

【0023】また、前記少なくとも3連のコイルの少なくとも一端側又は両端側に固定側軟磁性体を設けているので、磁石可動体がそのストローク端へ移動する際、当該固定側軟磁性体に近づくと磁石可動体にはその永久磁石と前記固定側軟磁性体との間にディテント力（無励磁吸引力）が働き、ストローク端近傍側でのフレミングの左手の法則に基づく推力低下を補う如く推力が強化され

ている。

【0024】さらに、磁石可動体の往復運動時に、磁石可動体の一端が固定側軟磁性体を通過しても、その通過した端部を引き戻す如く固定側軟磁性体のディテント力が磁石可動体の進行方向と反対に働くため、機械的な規制部材を設けずに磁石可動体のストロークを磁氣的に規制して往復運動させることも可能である。

【0025】このように、ストローク端近傍側での推力が強くなっているので、従来の構成で問題であったアクチュエータへの負荷、すなわち磁石可動体への負荷が増加したときのストロークの減少を少なくすることができ、負荷の変動に伴う磁石可動体のストロークの変動を抑えることができる。従って、小型、小電流で大きな推力の磁石可動型リニアアクチュエータを実現できる。

【0026】また、前記少なくとも3連のコイルに対し一定位置関係に設けられたケーシング室に対し往復駆動体を設けるとともに、該往復駆動体を前記磁石可動体に連結した構成の磁石可動型ポンプの場合は、磁石可動体のストローク端側に押される距離、すなわち磁石可動体及び往復駆動体の変位量の増加に伴って大きくなる反発力に対して、磁石可動体の進行方向に働くディテント力が対抗して磁石可動体及び往復駆動体のストロークの減少を防ぎ、充分なストロークを確保できるとともに、負荷の変動に伴うポンプ効率の変動を抑えることができる。また、交流電圧にて直接電磁往復動可能であるため、ばね等の機械的復帰機構が不要で機構の簡略化ができ、磁石可動体の往復運動の方向に垂直な方向の偏りも発生せず、円滑に磁石可動体を作動させることができる。従って、小型、小電流で効率良く駆動できる磁石可動型ポンプを実現できる。

【0027】前記磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいて、前記少なくとも3連のコイルのコイル間にも固定側軟磁性体を固定配置した場合、磁石可動体に働くディテント力を増加させることができ、磁石可動体のストローク端近傍でのさらなる推力増加を図ることができる。

【0028】また、前記磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいて、前記少なくとも3連のコイルの外周側に、前記固定側軟磁性体と一体又は別体に形成した軟磁性体ヨークを設けて、前記永久磁石の着磁方向に垂直な方向の磁束成分を増加させるための磁気回路を構成した場合、前記ヨークを設けたことにより各永久磁石のN極からS極に至る磁気回路の磁気抵抗が減少し、前記磁石可動体の永久磁石から発生する総磁束が増加するから、コイルに電流を通電することにより、フレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力をより大きくできる。

【0029】さらに、前記磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいて、前記永久磁石を軸方向に着磁し、前記磁石可動体の軸方向両端に位置する前記永久磁

石の外側端面に端部軟磁性体を設けた場合、磁石可動体の軸方向両端に位置する永久磁石の外側端面の磁極から出た磁束が端部磁性体の存在で垂直方向に曲がり易くなる等の理由で永久磁石の外側部分での磁束密度の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が増大する。すなわち、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体の軸方向に垂直な磁束成分を大きくでき、コイルに電流を通電することにより、いっそう大きな推力を発生することができる。

【0030】また、前記磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプにおいて、磁石可動体の質量や無励磁状態の固定側軟磁性体のディテント力等から定まる固有振動数と、少なくとも3連のコイルに供給する交流電流の周波数を合わせることで高効率な共振運動が可能となる。

【0031】前記磁石可動型リニアアクチュエータにおいて、前記磁石可動体の片側又は両側に当該磁石可動体を押し戻すばね又は当該磁石可動体に対して反発力を発生する戻し用永久磁石を配設した場合、磁石可動体はある程度変位したところでばねの弾性力又は戻し用永久磁石の反発力で中間位置に戻される。従って、磁石可動体が往復運動によってストローク端側に設けられた規制部材等に当たるのを防ぎ、永久磁石への衝撃が抑えられ、磁石の割れや欠けが防止されるとともに、衝突による衝撃音の発生が防止でき、磁石可動体の往復運動の際の振動や音の発生を低減することができる。なお、磁石可動体の進行方向に働くディテント力は充分であるので、磁石可動体のストローク端近傍でのばねの弾性力又は戻し用永久磁石の反発力による推力低下の影響はほとんどない。

【0032】また、前記磁石可動体の両側に当該磁石可動体を押し戻すばね又は当該磁石可動体に対して反発力を発生する戻し用永久磁石を配設した場合に、磁石可動体の質量、無励磁状態の固定側軟磁性体のディテント力、前記ばね又は前記戻し用永久磁石の反発力等から定まる固有振動数と、少なくとも3連のコイルに供給する交流電流の周波数を合わせることでいっそう高効率な共振運動が可能となる。

【0033】また、前記磁石可動型ポンプにおいて、前記ケーシング室がシリンダ室を構成し、該シリンダ室に前記往復駆動体としてのピストンを摺動自在に設けた場合、ピストンのストローク端側への変位量の増加に伴って大きくなる反発力に対して、磁石可動体の進行方向に働くディテント力が対抗してピストンのストロークの減少を防ぎ、充分なストロークを確保できるとともに、負荷の変動に伴うポンプ効率の変動を抑えることができる。

【0034】また、前記磁石可動型ポンプにおいて、前記往復駆動体が可撓性を有するダイアフラムであり、該ダイアフラム周縁部が前記ケーシング室に固定されてい

る場合、ダイアフラムの弾性力が最大、すなわち負荷が最大となるストローク端に磁石可動体が移動するときでも、磁石可動体の進行方向に働くディテント力が対抗して充分な推力が得られ、ダイアフラムのストロークの減少を防ぎ、充分なストロークを確保できるとともに、負荷の変動に伴うポンプ効率の変動を抑えることができる。

【0035】

【実施例】以下、本発明に係る磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプの実施例を図面に従って説明する。

【0036】図1及び図2は本発明の第1実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。これらの図において、1は軟磁性体ヨークとしての円筒状ヨークであり、該円筒状ヨーク1の内側に、相互の位置関係が一定に規制された3連のコイル2A、2B、2Cを有する絶縁樹脂等のボビン4と、固定側軟磁性体である円環状（穴あき円板状）軟磁性体8A、8Dとが配置固定されている。前記ボビン4は、磁石可動体3を摺動自在に案内するガイド筒体を構成するものである。

【0037】磁石可動体3は、前記ボビン4の内周側に摺動可能に設けられているものであって、同極対向配置の2個の円柱状希土類永久磁石5A、5Bと、これらの永久磁石5A、5B間に固着される円柱状中間部軟磁性体6とからなり、それらの永久磁石5A、5B及び中間部軟磁性体6は接着剤等で相互に一体化されている。前記永久磁石5A、5Bは軸方向に着磁されており、一方の端面がN極で他方の端面がS極になっている。

【0038】前記磁石可動体3の場合、該磁石可動体3が有する永久磁石5A、5Bとして希土類永久磁石を用いているので強力な磁極が形成され、しかも磁石可動体3は同極対向された2個の永久磁石5A、5B間に中間部軟磁性体6を設けて構成されているので、特に磁石可動体3の中間位置での磁束密度の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が多くなっており、磁石可動体3の長手方向（永久磁石の着磁方向）に垂直な磁束成分が充分大きくなっている。

【0039】前記各コイル2A、2B、2Cは、磁石可動体3の周囲を取り巻くように、絶縁樹脂等で形成されているボビン4に巻線をそれぞれ環状に巻回して磁石可動体3の各磁極が発生する磁束と有効に鎖交可能になっている。前記ボビン4は、外径が円筒状ヨーク1の内径と同径で内径が磁石可動体3の外径よりも僅かに大きな銑付き円筒状に形成されている。なお、このボビン4により3連のコイル2A、2B、2Cは銑によって相互に絶縁されて所望の間隔で一体化されており、各コイル毎に別個のボビンを設ける必要がない。前記円環状軟磁性体8A、8Dは、外径及び内径がそれぞれ前記ボビン4と同径に形成されている。そして、ボビン4の両端面に円環状軟磁性体8A、8Dが配設された状態で、それらは円筒状ヨーク1内に嵌め込み固定されている。ボビン

4、円環状軟磁性体 8 A、8 D 及び円筒状ヨーク 1 の接面部分は接着剤等で相互に固着するのが望ましい。これらのボビン 4 及び円環状軟磁性体 8 A、8 D は一体化された状態において磁石可動体 3 を軸方向に摺動自在に案内するためのガイド筒体を構成しており、このガイド筒体の内径は磁石可動体 3 の外径よりも僅かに大きく、内周は円周面となっている。

【0040】そして、前記 3 連のコイル 2 A、2 B、2 C は推力発生時において永久磁石 5 A、5 B の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線されている。すなわち、中央のコイル 2 B は中間部軟磁性体 6 及び永久磁石 5 A、5 B の N 極を含む端部を囲み、両側のコイル 2 A、2 C は、永久磁石 5 A、5 B の S 極を含む端部をそれぞれ囲むことができるようになっており、かつ中央のコイル 2 B に流れる電流の向きと、両側のコイル 2 A、2 C の電流の向きとは逆向きである（図 1 の各コイルに付した N、S を参照）。なお、磁石可動体 3 の端面には必要に応じて推力を外部に伝達するためのピン 7 等が図 1 の仮想線の如く設けられる。ポケットベル等のバイブレータとして用いる場合、ピン 7 は不要である。

【0041】ここで、上記第 1 実施例の動作について説明する。まず、図 1 に示す極性になる如く、3 連のコイル 2 A、2 B、2 C に交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電する。磁石可動体 3 の長手方向に垂直な磁束成分と各コイル 2 A、2 B、2 C に流れる電流との間にフレミングの左手の法則に基づく推力 F 1 が得られ、磁石可動体 3 は該推力 F 1 により図 1 の右方向に移動する。この推力 F 1 は磁石可動体 3 の永久磁石として希土類永久磁石を用いることで強力なものとすることができる。磁石可動体 3 の永久磁石 5 B 右端面（極性 S）が円環状軟磁性体 8 D に近づくと、永久磁石 5 B の右端面の磁極と円環状軟磁性体 8 D との間にディテント力（無励磁吸引力）F 2 が働き、磁石可動体 3 はそのままの移動方向（右方向）に吸引される。そして、各コイル 2 A、2 B、2 C の電流を反転させ、図示した極性とは逆になるように通電すると、磁石可動体 3 は同図の左方向に移動する。右方向の動作と同様に、磁石可動体 3 の永久磁石 5 A 左端面（極性 S）が円環状軟磁性体 8 A に近づくと、永久磁石 5 A の左端面の磁極と円環状軟磁性体 8 A との間にディテント力が働き、磁石可動体 3 はそのまま左方向に吸引される。再び、図 1 に示す極性になるように各コイル 2 A、2 B、2 C に通電すると、磁石可動体 3 の推力の向きも反転し、磁石可動体 3 は同図の右方向に移動する。このように、磁石可動体 3 を往復運動させることができ、交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すバイブレータとして働く。

【0042】この第 1 実施例では、3 連のコイル 2 A、2 B、2 C の両端側に円環状軟磁性体 8 A、8 D を設けているため、磁石可動体 3 が前述のフレミングの左手の

法則に基づく推力 F 1 により一方に移動し、磁石可動体 3 の端部が円環状軟磁性体に近づくとき該磁石可動体 3 と円環状軟磁性体との間にディテント力（無励磁吸引力）F 2 がさらに働き、磁石可動体 3 はその移動方向に吸引される。この円環状軟磁性体 8 A、8 D によるディテント力 F 2 は、磁石可動体 3 の外側端面が円環状軟磁性体 8 A、8 D の厚みの中央に位置するようになるまで前記推力 F 1 と同じ向きで作用し、磁石可動体 3 の外側端面が円環状軟磁性体 8 A、8 D の厚みの中央に位置したときにディテント力 F 2 は零となり、この位置を通過するとディテント力 F 2 は反対向き（磁石可動体 3 をボビン 4 の中間位置に戻す向き）となる。

【0043】図 16 の曲線（ロ）は第 1 実施例の場合の磁石可動体 3 の軸方向変位量とディテント力（gf）との関係であって、無励磁状態すなわち 3 連のコイル 2 A、2 B、2 C に電流を通電しない状態において、変位量零の点から離れる方向（右方向）に磁石可動体 3 を動作させて測定したものである（但し、直径 2.5 mm、長さ 3 mm の希土類永久磁石 5 A、5 B の間に長さ 1 mm の軟磁性体 6 を配置してなる磁石可動体 3 を用いた）。図 16 の曲線（ロ）より、円環状軟磁性体 8 A、8 D を設けたことによるディテント力は、磁石可動体 3 の一端が円環状軟磁性体 8 A、8 D に近づくのに従って増加するが、やがて減少に転じ磁石可動体 3 の一端が円環状軟磁性体 8 A、8 D 厚みの中央に位置するときに零になる曲線を示しており、そのピークが磁石可動体 3 のストローク端近傍に位置しているのがわかる。

【0044】図 16 の曲線（ハ）は第 1 実施例の場合の磁石可動体 3 の軸方向変位量と推力（gf）との関係であって変位量零の点から離れる方向（右方向）に磁石可動体 3 が動作するときを示す。磁石可動体 3 の条件は図 16 の曲線（ロ）の場合と同様であり、3 連のコイル 2 A、2 B、2 C に 40 mA の電流を流し、図 15 の従来例と同じ消費電力としたときに発生する推力を測定した。図 16 の曲線（ハ）より、曲線（イ）に示すフレミングの左手の法則に基づく推力に、曲線（ロ）に示す円環状軟磁性体 8 A、8 D によるディテント力が加わっているため、磁石可動体 3 のストローク端近傍で推力がピークとなっているのがわかる。但し、円環状軟磁性体 8 A、8 D を設けたことで、これがヨークとしても働き、永久磁石 5 A、5 B の N 極から S 極に至る磁気回路の磁気抵抗が減少して磁石可動体 3 の長手方向に垂直な磁束成分が大きくなっているため、円環状軟磁性体 8 A、8 D が無い場合よりもフレミングの左手の法則に基づく推力も若干増加しており、曲線（ハ）は曲線（イ）と（ロ）の和よりも幾分上回っている。なお、図 16 では、一方（右方向）の推力を示したが、他方（左方向）の推力も同様の関係を示す。

【0045】以上の第 1 実施例によれば、次の通りの効果を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0046】(1) 3連のコイル2A, 2B, 2Cの両端側に円環状軟磁性体8A, 8Dを固定的に設けているので、磁石可動体3がストローク端へ移動する際、円環状軟磁性体8A, 8Dに近づくとき磁石可動体3にはディテント力（無励磁吸引力）が働き、従来の構成で問題であったストローク端近傍側での推力低下を補って推力を強化し、磁石可動体3への負荷が増加したときのストロークの減少を少なくすることができる。従って、負荷の変動に伴う磁石可動体3のストロークの変動を抑えることができる。

【0047】(2) 3連のコイル2A, 2B, 2Cの外周側に軟磁性体の円筒状ヨーク1を設けるとともに、3連のコイル2A, 2B, 2C両端側に軟磁性体の円環状軟磁性体8A, 8Dを設けているため、磁石可動体3の永久磁石5A, 5BのN極からS極に至る磁気回路の磁気抵抗が減少し、磁石可動体3の表面磁束密度の垂直成分が増大する。従って、フレミングの左手の法則に基づいて与えられる推力をより大きくでき、小型、小電流で大きな推力が得られる磁石可動型リニアアクチュエータを実現できる。

【0048】(3) 磁石可動体3の往復運動時に、磁石可動体3の一端が円環状軟磁性体8A, 8Dを通過しても、その通過した端部を引き戻す如く円環状軟磁性体8A, 8Dによるディテント力が磁石可動体3の進行方向と反対に働くため、磁石可動体3のストロークを磁気的に規制して往復運動させることが可能であり、規制部材を設けた場合に磁石可動体3が規制部材に接して発生する騒音、振動を抑えることができる。

【0049】(4) 磁石可動体3の質量や円環状軟磁性体8A, 8Dに起因するディテント力等から定まる磁石可動型リニアアクチュエータの固有振動数と、3連のコイル2A, 2B, 2Cに供給する交流電流の周波数を合わせることで高効率な共振運動が可能となる。この場合、バイブレータ（ポケットベルやマッサージ機用等）として好適に使用できる。

【0050】(5) 円環状軟磁性体8A, 8Dは、錨付きボビン4の両端面に設ければよく、特殊なボビン形状を必要とせず、3連のコイル2A, 2B, 2Cはボビン4の錨間にそれぞれ巻回すればよい。

【0051】図3は本発明の第2実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この第2実施例では、円筒状ヨーク1の内側に、3連のコイル2A, 2B, 2Cを有する分割ボビン4A, 4B, 4Cと固定側軟磁性体としての円環状軟磁性体8A, 8B, 8C, 8Dとが配置固定され、分割ボビン4A, 4B, 4Cと円環状軟磁性体8A, 8B, 8C, 8Dとを組み合わせ一体化したガイド筒体の内側に磁石可動体3が摺動自在に設けられている。

【0052】前記各コイル2A, 2B, 2Cは、絶縁樹脂等で形成されている分割ボビン4A, 4B, 4Cに巻

線をそれぞれ環状に巻回したものであり、前記磁石可動体3の各磁極が発生する磁束と有効に鎖交可能になっている。前記分割ボビン4A, 4B, 4Cは、外径が円筒状ヨーク1の内径と同径で内径が磁石可動体3の外径よりも僅かに大きな円環状に形成されている。前記円環状軟磁性体8A, 8B, 8C, 8Dは、外径及び内径がそれぞれ前記分割ボビン4A, 4B, 4Cと同径に形成されている。そして、左側のボビン4Aの外側端面に円環状軟磁性体8Aが、ボビン4A, 4B間に円環状軟磁性体8Bが、ボビン4B, 4C間に円環状軟磁性体8Cが、右側のボビン4Cの外側端面に円環状軟磁性体8Dがそれぞれ位置する如く、円筒状ヨーク1内に嵌め込み固定されている。分割ボビン4A, 4B, 4C、円環状軟磁性体8A, 8B, 8C, 8D及び円筒状ヨーク1の接面部分は接着剤等で相互に固着するのが望ましい。これらの分割ボビン4A, 4B, 4C及び円環状軟磁性体8A, 8B, 8C, 8Dは一体化されることで、3連のコイル2A, 2B, 2Cの相互の位置関係を一定に規制するとともに、磁石可動体3を摺動自在に案内するためのガイド筒体を構成しており、このガイド筒体の内径は磁石可動体3の外径よりも僅かに大きく、内周は円周面となっている。なお、その他の構成は前述の第1実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0053】この第2実施例の構成では、以下のような動作になる。まず、図3に示す極性になる如く、3連のコイル2A, 2B, 2Cに交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、磁石可動体3はフレミングの左手の法則に基づく推力F1により図3の右方向に移動する。磁石可動体3の右移動により、永久磁石5Bの右端面（S極）が円環状軟磁性体8Dに、永久磁石5B左端面及び永久磁石5Aの右端面（N極）が円環状軟磁性体8Cに、永久磁石5Aの左端面（S極）が円環状軟磁性体8Bにそれぞれ近づくとき、当該磁石可動体3と各円環状軟磁性体8B, 8C, 8Dとの間にディテント力（無励磁吸引力）F3が働き、磁石可動体3はそのままの移動方向（右方向）に吸引される。そして、各コイル2A, 2B, 2Cの電流を反転させ、図示した極性とは逆になるように通電すると、磁石可動体3は図3の左方向に移動する。すなわち、永久磁石5Aの左端面（S極）が円環状軟磁性体8Aに、永久磁石5A右端面及び永久磁石5Bの左端面（N極）が円環状軟磁性体8Bに、永久磁石5Bの右端面（S極）が円環状軟磁性体8Cにそれぞれ近づくとき、当該磁石可動体3と各円環状軟磁性体8A, 8B, 8Cとの間にディテント力が働き、磁石可動体3はそのまま左方向に吸引される。再び、各コイル2A, 2B, 2Cの電流を反転させれば磁石可動体3の推力の向きも反転し、磁石可動体3は往復運動を行い、交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すバイブレータとして働く。

【0054】上記第2実施例では、3連のコイル2A,

2 B, 2 Cの両側の円環状軟磁性体 8 A, 8 Dに加え、コイル 2 A, 2 B間及びコイル 2 B, 2 C間にそれぞれ円環状軟磁性体 8 B, 8 Cを設けているので、前記第 1 実施例における磁石可動体 3 と円環状軟磁性体 8 A, 8 Dとの間に働くディテント力 F 2 よりも大きなディテント力 F 3 が磁石可動体 3 に働く。従って、磁石可動体 3 のストローク端近傍での推力をいっそう向上させ、より大きな負荷に対応できる磁石可動型リニアアクチュエータを実現できる。なお、その他の作用効果は前述の第 1 実施例と同様である。

【0055】図 4 は本発明の第 3 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この第 3 実施例では、円筒状ヨーク 1 の内側に、3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C を有する分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C と円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D が配置固定され、分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C と円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D とを組み合わせ一体化したガイド筒体の内側に磁石可動体 3 が摺動自在に設けられている。

【0056】前記円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D は、外径及び内径がそれぞれ前記分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C と同径に形成されており、両側の円環状軟磁性体 18 A, 18 D は径方向断面が L 字状に、中間の円環状軟磁性体 18 B, 18 C は径方向断面が T 字状に、それぞれ内周側が軸方向に幅広く形成されている。また、分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C の内周側は、各円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D の幅広部分と嵌合する形状に形成されている。この場合、隣り合う円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D の各間に分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C がそれぞれ位置する如く、円筒状ヨーク 1 内に嵌め込み固定されている。分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C、円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D 及び円筒状ヨーク 1 の接面部分は接着剤等で相互に固着するのが望ましい。これらの分割ボビン 14 A, 14 B, 14 C 及び円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D は嵌合一体化されることで磁石可動体 3 を摺動自在に案内するためのガイド筒体を構成しており、このガイド筒体の内径は磁石可動体 3 の外径よりも僅かに大きく、内周は円周面となっている。なお、その他の構成は前述の第 1 実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0057】この第 3 実施例の構成では、以下のような動作になる。まず、図 4 に示す極性になる如く、3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C に交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、磁石可動体 3 はフレミングの左手の法則に基づく推力 F 1 により図 4 の右方向に移動する。磁石可動体 3 の右移動により、永久磁石 5 B の右端面 (S 極) が円環状軟磁性体 18 D に、永久磁石 5 B 左端面及び永久磁石 5 A の右端面 (N 極) が

円環状軟磁性体 18 C に、永久磁石 5 A の左端面 (S 極) が円環状軟磁性体 18 B にそれぞれ近づくと、当該磁石可動体 3 と各円環状軟磁性体 18 B, 18 C, 18 D との間にディテント力 (無励磁吸引力) F 4 が働き、磁石可動体 3 はそのままの移動方向 (右方向) に吸引される。そして、各コイル 2 A, 2 B, 2 C の電流を反転させ、図示した極性とは逆になるように通電すると、磁石可動体 3 は図 4 の左方向に移動する。すなわち、永久磁石 5 A の左端面 (S 極) が円環状軟磁性体 18 A に、永久磁石 5 A 右端面及び永久磁石 5 B 左端面 (N 極) が円環状軟磁性体 18 B に、永久磁石 5 B の右端面 (S 極) が円環状軟磁性体 18 C にそれぞれ近づくと、当該磁石可動体 3 と各円環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C との間にディテント力が働き、磁石可動体 3 はそのまま左方向に吸引される。再び、各コイル 2 A, 2 B, 2 C の電流を反転させれば磁石可動体 3 の推力の向きも反転し、磁石可動体 3 は往復運動を行い、交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すパイプレータとして働く。

【0058】上記第 3 実施例では、磁石可動体 3 の外周に面する環状軟磁性体 18 A, 18 B, 18 C, 18 D の内周側を幅広く形成しているので、磁石可動体 3 の変位量が小さくても磁石可動体 3 にディテント力を及ぼすことができ、磁石可動体 3 の変位量が比較的小さい段階でもフレミングの左手の法則に基づく推力に加えてディテント力が働く。従って、磁石可動体 3 のストローク端近傍での推力向上に加え、磁石可動体 3 の推力を全体的により向上させることができ、より大きな負荷に対応できる磁石可動型リニアアクチュエータを実現できる。なお、その他の作用効果は前述の第 1 実施例と同様である。

【0059】図 5 は本発明の第 4 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この図において、磁石可動体 15 は、同極対向配置の 2 個の円柱状希土類永久磁石 5 A, 5 B と、これらの永久磁石 5 A, 5 B 間に固着される円柱状中間部軟磁性体 6 と、永久磁石 5 A, 5 B の外側両端面にそれぞれ固着される円板状端部軟磁性体 9 A, 9 B とからなり、それらの永久磁石 5 A, 5 B、中間部軟磁性体 6 及び端部軟磁性体 9 A, 9 B は接着剤等で相互に一体化されている。前記永久磁石 5 A, 5 B は、軸方向に着磁されていて、一方の端面が N 極で他方の端面が S 極になっている。なお、前記端部軟磁性体 9 A, 9 B の肉厚は、中間部軟磁性体 6 の $1/2 \sim 1$ 倍程度に設定される。

【0060】前記磁石可動体 15 の場合、同極対向された 2 個の永久磁石 5 A, 5 B 間に中間部軟磁性体 6 を設けて構成されているので、特に磁石可動体 15 の中間位置での磁束密度の垂直成分 (永久磁石の軸方向に直交する成分) が多くっており、磁石可動体 15 の長手方向 (永久磁石の着磁方向) に垂直な磁束成分が充分大きく

なっている。また、永久磁石 5 A, 5 B の外側端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けているので、永久磁石 5 A, 5 B の外側端面の磁極から出た磁束が端部軟磁性体 9 A, 9 B の存在で垂直方向に曲がり易くなる等の理由で永久磁石 5 A, 5 B の外側部分での磁束密度の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が増大する。

【0061】なお、その他の構成は前述の第 1 実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0062】この第 4 実施例の場合、フレミングの左手の法則に基づく推力は、図 16 曲線（二）のようになり、磁石可動体 1 5 の外側両端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けることによる磁束密度の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）の増加により、端部軟磁性体の無い場合を示す曲線（イ）よりも全体的に推力が向上しているのがわかる。例えば、端部軟磁性体の無い磁石可動体 3 の場合に比較して数%乃至 10% 程度の推力向上が得られる。従って、推力とデッド力との総和は、曲線（ホ）のようになり、前述した第 1 実施例の場合よりも向上する。但し、第 1 実施例の磁石可動体 3 と同じ永久磁石 5 A, 5 B 及び円柱状中間部軟磁性体 6 を用い、永久磁石 5 A, 5 B のそれぞれの外側端面に長さ 0.5 mm の円板状端部軟磁性体 9 A, 9 B を配置したものをを用いるものとし、コイル 2 A, 2 B, 2 C への通電条件も同じにして測定した。

【0063】この第 4 実施例によれば、磁石可動体 1 5 が同極対向された 2 個の永久磁石 5 A, 5 B 間に中間部軟磁性体 6 を設け、さらに永久磁石 5 A, 5 B の外側端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けて構成されているので、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体 1 5 の軸方向（長手方向）に垂直な磁束成分を充分大きくできる。従って、推力をより大きくでき、小型、小電流でいっそう大きな推力が得られる磁石可動型リニアアクチュエータを実現できる。その他の作用効果は、前述の第 1 実施例と同様である。

【0064】図 6 は本発明の第 5 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この場合、磁石可動体 1 5 は、同極対向された 2 個の永久磁石 5 A, 5 B 間に中間部軟磁性体 6 を設け、さらに永久磁石 5 A, 5 B の外側端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けて構成されている。その他の構成は、前述の第 2 実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0065】この第 5 実施例の場合も、磁石可動体 1 5 が同極対向された 2 個の永久磁石 5 A, 5 B 間に中間部軟磁性体 6 を設け、さらに永久磁石 5 A, 5 B の外側端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けて構成されているので、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体 1 5 の軸方向（長手方向）に垂直な磁束成分を充分大きくできる。従って、前述の第 2 実施例の場合よりも一層推力を増大させることができる。なお、その他の作用効果は、前述の第 2 実施例と同様である。

【0066】図 7 は本発明の第 6 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この場合、磁石可動体 1 5 は、同極対向された 2 個の永久磁石 5 A, 5 B 間に中間部軟磁性体 6 を設け、さらに永久磁石 5 A, 5 B の外側端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けて構成されている。その他の構成は、前述の第 3 実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0067】この第 6 実施例の場合も、磁石可動体 1 5 が同極対向された 2 個の永久磁石 5 A, 5 B 間に中間部軟磁性体 6 を設け、さらに永久磁石 5 A, 5 B の外側端面に端部軟磁性体 9 A, 9 B を設けて構成されているので、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体 1 5 の軸方向（長手方向）に垂直な磁束成分を充分大きくできる。従って、前述の第 3 実施例の場合よりも一層推力を増大させることができる。なお、その他の作用効果は、前述の第 3 実施例と同様である。

【0068】図 8 は本発明の第 7 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この図において、21 は軟磁性体の円筒状ヨークであり、該円筒状ヨーク 21 の内側に、相互の位置関係が一定に規制された 3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C と、該 3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C の各間及び両端側に円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D がそれぞれ配置され、これらのコイル 2 A, 2 B, 2 C 及び円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D は磁石可動体 2 3 を移動自在に案内するためのガイド筒体 2 4 を構成する絶縁樹脂等の絶縁部材（非磁性材）で円筒状ヨーク 21 に固着されている。このガイド筒体 2 4 の内径は磁石可動体 2 3 の外径よりも僅かに大きく、内周は円周面となっている。

【0069】磁石可動体 2 3 は、同極対向された 2 個の穴あき円柱状希土類永久磁石 2 5 A, 2 5 B、それらの永久磁石間に配置された穴あき円柱状中間部軟磁性体 2 6 及び前記永久磁石 2 5 A, 2 5 B の外側位置に配置された穴あき円板状クッション板 3 1 A, 3 1 B に金属貫通軸体 2 7 を挿通し、該金属貫通軸体 2 7 の係合溝 3 2 に止め具（金属製 E リングと呼ばれる止め輪）3 3 を嵌め込み係止して、当該金属貫通軸体 2 7 に永久磁石 2 5 A, 2 5 B、中間部軟磁性体 2 6 及び円板状クッション板 3 1 A, 3 1 B を固定したものである。前記永久磁石 2 5 A, 2 5 B は、軸方向に着磁されており、一方の端面が N 極で他方の端面が S 極になっており、全表面に金属あるいは樹脂からなる磁性又は非磁性コーティング層 3 4 がそれぞれ被着形成されている。該コーティング層 3 4 は電解メッキ、無電解メッキ等のメッキ技術や、蒸着等の薄膜技術等を利用して形成してもよい。また、貫通軸体 2 7 は非磁性又は磁性金属であり、クッション板 3 1 A, 3 1 B はシリコンゴム等の弾性材で形成された緩衝部材であり、多少圧縮状態で一對の止め具 3 3 間に挟持されている。この結果、クッション板 3 1 A, 3 1 B は各永久磁石 2 5 A, 2 5 B 及び中間部軟磁性体 2 6

の厚みのばらつきを吸収してがたつきを防止することができる。なお、前記金属貫通軸体27に永久磁石25A、25B及び中間部軟磁性体26を一体化する際に接着剤を併用してもよい。

【0070】前記3連のコイル2A、2B、2Cは永久磁石25A、25Bの磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線されている。すなわち、中央のコイル2Bは中間部軟磁性体26及び永久磁石25A、25BのN極を含む端部を囲み、両側のコイル2A、2Cは、永久磁石25A、25BのS極を含む端部をそれぞれ囲むことができるように円環状に巻回されており、かつ中央のコイル2Bに流れる電流の向きと、両側のコイル2A、2Cの電流の向きとは逆向きである(図8の各コイルに付したN、Sを参照)。前記円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dは、その外径が円筒状ヨーク21の内径と同径に、内径がガイド筒体24の内径以上に形成されたものであり、隣り合うコイル2A、2B、2Cと少し間をおいてそれぞれ配設されている。

【0071】また、前記軟磁性体の円筒状ヨーク21及び非磁性のガイド筒体24の両端部に非磁性の側板35A、35Bが嵌合、固着され、該側板35A、35Bの中央部に焼結金属、高摺動性樹脂等の円筒状軸受部材36がそれぞれ固定支持されている。そして、各円筒状軸受部材36の内周面にて永久磁石25A、25Bに貫通、一体化された貫通軸体27が摺動自在に支えられ、該貫通軸体27の一方の端部は軸受部材36外側に突出して、負荷と接続する出力ピンとして利用できるようになっている。なお、側板35A、35Bは前記ガイド筒体24の内周面に嵌合する凸部37をそれぞれ有しており、該凸部37の先端面が前記磁石可動体23の移動時にクッション板31A、31Bに当接して当該磁石可動体23の移動範囲を規定するようになっている(なお、側板35A、35Bの距離を充分大きくすれば凸部37がクッション板31A、31Bに当接しないようにもできる。)。また、前記軸受部材36は非磁性でも磁性体であってもよい。

【0072】この第7実施例の磁石可動型リニアアクチュエータでは、前記第1実施例と同様に、磁石可動体23が有する永久磁石25A、25Bとして希土類永久磁石を用いているので強力な磁極が形成され、しかも各コイル2A、2B、2Cの外周側に軟磁性体の円筒状ヨーク21が設けられているため、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体23の軸方向(長手方向)に垂直な磁束成分を大きくでき、磁石可動体23の周囲を環状に巻回する3連のコイル2A、2B、2Cに交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、いっそう大きな推力を発生することができる。

【0073】そして、3連のコイル2A、2B、2Cの各間及び両端側に軟磁性体の円環状軟磁性体8A、8

B、8C、8Dを設けているため、磁石可動体23が前述のフレミングの左手の法則に基づく推力により一方に移動し、そのストローク端に近づくと、該磁石可動体23と円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dのうち各磁極に近づくものとの間にディテント力(無励磁吸引力)が働き、磁石可動体23はその移動方向に吸引される。

【0074】この円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dによるディテント力は、磁石可動体23の永久磁石25A、25Bの一端が円環状軟磁性体8A、8Dの厚みの略中央に位置するとき零となり、磁石可動体23の一端が円環状軟磁性体8A、8Dを通過すると、該円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dにより通過した端部を引き戻す如く、進行方向と反対方向(磁石可動体23をガイド筒体24の中央部に戻す向き)にディテント力が働く。

【0075】図8の極性では、磁石可動体23が右方向に移動する向きであり、各コイルの電流を反転させれば磁石可動体23の推力の向きも反転する。交流電流を流した場合には、一定周期で振動を繰り返すパイプレータとして働く。

【0076】以上の第7実施例によれば、3連のコイル2A、2B、2Cの各間及び両端側に円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dを設けているので、磁石可動体23がストローク端へ移動する際、円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dのうち各磁極に近づくものと磁石可動体23との間にはディテント力(無励磁吸引力)が働く。従って、磁石可動体23駆動時のストローク端近傍側での推力が強化され、磁石可動体23(すなわち貫通軸体27)への負荷が増加したときのストロークの減少を少なくすることができ、ひいては負荷の変動に伴う磁石可動体23のストロークの変動を抑えることができる。また、磁石可動体23の往復運動時に、その端部が円環状軟磁性体8A、8Dを通り過ぎても磁石可動体23の進行方向と反対に働くディテント力により磁石可動体23のストロークが規制され、前記側板35A、35Bの凸部37に当たるのを防止する、あるいは当たった際の衝撃を抑えることができ、磁石可動体23が凸部37に接して発生する騒音、振動を抑えることができる。

【0077】この第7実施例においても、前述の第1実施例で示したのと同様の作用効果が得られ、さらに、以下に述べる作用効果を奏することができる。

【0078】(1) 穴あき円柱状希土類永久磁石25A、25B及び穴あき円板状クッション板31A、31Bに金属貫通軸体27を挿通し、該金属貫通軸体27の係合溝32に止め具33を嵌め込み係止して磁石可動体23を構成しており、永久磁石25A、25Bの固定、一体化を確実に実行でき、しかも組立容易であり固着信頼性が高い。

【0079】(2) 磁石可動体23に一体の貫通軸体27を軸受部材36で摺動自在に支持することで、磁石可

動体23のがたつきを無くして常時ガイド筒体24の内周中心と同心状態に規制でき、しかも永久磁石25A、25Bを一体化するためのホルダ等を永久磁石外周側に被せる必要がなく、永久磁石25A、25Bの外周面とコイル2A、2B、2Cとの間隙を必要最小限に設定でき、推力の向上に有効である。

【0080】(3) 磁石可動体23がガイド筒体24の内周面に接触しなくなるため、磁石可動体23を軸方向に円滑に移動させることが可能であり、磁石可動体23やガイド筒体24の摩耗等の問題も解消でき、運動回数10の長寿命化が図れる。

【0081】(4) 永久磁石25A、25Bの外側位置には緩衝材として穴あき円板状クッション板31A、31Bを設けることにより、磁石可動体23の往復運動によってガイド筒体24の両端部に固定されている側板35A、35Bの凸部37に当たっても、永久磁石25A、25Bへの衝撃が抑えられ、磁石の割れや欠けが防止されるとともに、衝突による衝撃音の発生が防止でき、磁石可動体23の往復運動に伴う振動や音の発生を低減可能である。また、側板35A、35Bにクッション板31A、31Bに当たる凸部37を形成しておくことで、止め具33が軸受部材36に当たるのを防止できる。20

【0082】(5) 穴あき円柱状希土類永久磁石25A、25Bの全表面に磁性又は非磁性のコーティング層34を形成することで、当該永久磁石25A、25Bを備える磁石可動体23が往復運動する際の衝撃で永久磁石25A、25Bに割れや欠けが発生することを防止することができる。また、そのコーティング層34は、穴あき円柱状希土類永久磁石25A、25B及び穴あき円板状クッション板31A、31Bに金属貫通軸体27を挿通して磁石可動体23を構成する際に、永久磁石25A、25Bに割れや欠け等の損傷が発生するのも防止可能である。なお、コーティング層34は永久磁石25A、25Bの外周面に少なくとも設けられていれば、内周面は省略してもよい。30

【0083】(6) 側板35A、35Bの対向間隔を充分大きく設定した場合には、磁石可動体23の往復運動時に、磁石可動体23の端部が両端の円環状軟磁性体8A、8Dを通り過ぎた際に進行方向と反対に働くディテント力により磁石可動体23のストロークを規制し、前記側板35A、35Bの凸部37に磁石可動体23が当たるのを防止することができ、これによって、低騒音化、低振動化を図ることができる。40

【0084】図9は本発明の第8実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この図において、軟磁性体の円筒状ヨーク21及び非磁性のガイド筒体24の両端部に非磁性の側板35C、35Dが嵌合、固着され、該側板35C、35Dの内面と磁石可動体23側の円板状クッション板31A、31B間に圧縮ばね38が50

配設されている。該圧縮ばね38は磁石可動体23を中間位置に押し戻す作用を有する。なお、その他の構成は前述の第7実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0085】この第8実施例によれば、各コイル2A、2B、2Cに通電されていない状態では、磁石可動体23は左右の圧縮ばね38の弾性力で円筒状ヨーク21内の中間位置に復帰しており、各コイル2A、2B、2Cに直流電流を通電することで磁石可動体23を一方に駆動することができる。また、交流電流を通電すれば、磁石可動体23は往復運動してバイブレータとして動作するが、前記第7実施例で述べた円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dのディテント力（変位量が過大になると磁石可動体23の進行方向と反対に働く）による磁石可動体23のストロークの規制に加え、磁石可動体23はある程度変位したところで圧縮ばね38の弾性力で中間位置に戻される。従って、磁石可動体23が側板35C、35Dに衝突して衝撃音が発生することを防止できる。なお、磁石可動体23の進行方向に働くディテント力は充分であるので、磁石可動体23のストローク端近傍での圧縮ばね38の弾性力による推力低下の影響はほとんどない。なお、その他の作用効果は前述の第7実施例と同様である。

【0086】図10は本発明の第9実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この図において、軟磁性体の円筒状ヨーク21及び非磁性のガイド筒体24の両端部に非磁性の側板35A、35Bが嵌合、固着され、該側板35A、35Bの凸部37の内周に戻し用環状永久磁石39がそれぞれ固定されている。そして、該戻し用環状永久磁石39及び軸受部材36の内周穴を磁石可動体23の貫通軸体27が貫通している。戻し用環状永久磁石39は、磁石可動体23が有する永久磁石25A、25Bの外側端面の磁極との間で反発力を発生する磁極を磁石可動体23への対向面に有している。例えば、図10では、永久磁石25A、25Bの外側端面のS極に戻し用環状永久磁石39のS極が対向している。なお、その他の構成は前述の第7実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0087】この第9実施例によれば、各コイル2A、2B、2Cに通電されていない状態では、磁石可動体23は永久磁石25A、25Bと左右の戻し用環状永久磁石39の反発力で円筒状ヨーク21内の中間位置に復帰しており、各コイル2A、2B、2Cに直流電流を通電することで磁石可動体23を一方に駆動することができる。また、交流電流を通電すれば、磁石可動体23は往復運動してバイブレータとして動作するが、前記第7実施例で述べた円環状軟磁性体8A、8B、8C、8Dのディテント力（変位量が過大になると磁石可動体23の進行方向と反対に働く）による磁石可動体23のストロークの規制に加え、磁石可動体23はある程度変位した

ところで永久磁石 25 A, 25 B と左右の戻し用環状永久磁石 39 の反発力で中間位置に戻される。従って、磁石可動体 23 が側板 35 A, 35 B や戻し用環状永久磁石 39 に衝突して衝撃音が発生することを防止できる。なお、磁石可動体 23 の進行方向に働くディテント力は充分であるので、磁石可動体 23 のストローク端近傍での戻し用環状永久磁石 39 の反発力による推力低下の影響はほとんどない。なお、その他の作用効果は前述の第 7 実施例と同様である。

【0088】図 11 は本発明の第 10 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この図において、磁石可動体 23 A は、同極対向された 2 個の穴あき円柱状希土類永久磁石 25 C, 25 D、それらの永久磁石間に配置された穴あき円柱状中間部軟磁性体 26、前記永久磁石 25 C, 25 D の外側に配置された穴あき円板状端部軟磁性体 29 A, 29 B 及び該端部軟磁性体 29 A, 29 B の外側位置に配置された穴あき円板状クッション板 31 A, 31 B に金属貫通軸体 27 を挿通し、該金属貫通軸体 27 の係合溝 32 に止め具（金属製 E リング）33 を嵌め込み係止して、当該金属貫通軸体 27 に永久磁石 25 C, 25 D、中間部軟磁性体 26、端部軟磁性体 29 A, 29 B 及び円板状クッション板 31 A, 31 B を固定したものである。ここで、貫通軸体 27 は非磁性又は磁性金属であり、クッション板 31 A, 31 B はシリコンゴム等の弾性材であり、多少圧縮状態で一對の止め具 33 間に挟持されている。この結果、クッション板 31 A, 31 B は各永久磁石 25 C, 25 D、軟磁性体 26, 29 A, 29 B の厚みのばらつきを吸収してがたつきを防止することができる。なお、前記金属貫通軸体 27 に永久磁石 25 C, 25 D、軟磁性体 26, 29 A, 29 B を一体化する際に接着剤を併用してもよい。前記端部軟磁性体 29 A, 29 B の肉厚は、中間部軟磁性体 26 の $1/2 \sim 1$ 倍程度に設定される。なお、その他の構成は前述の第 7 実施例と同じである。

【0089】この第 10 実施例では、前記第 4 乃至第 6 実施例で示した磁石可動体 15 と同様に、磁石可動体 23 A が有する永久磁石 25 C, 25 D の外側端面に端部軟磁性体 29 A, 29 B が配置されており、永久磁石 25 C, 25 D の外側端面の磁極から出た磁束が端部軟磁性体 29 A, 29 B の存在で垂直方向に曲がり易くなる等の理由で永久磁石 25 C, 25 D の外側部分での磁束密度の垂直成分（永久磁石の軸方向に直交する成分）が増大する。すなわち、フレミングの左手の法則に基づく推力に寄与できる磁石可動体 23 A の軸方向（長手方向）に垂直な磁束成分を大きくでき、磁石可動体 23 A の周囲を環状に巻回する 3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C に交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、いっそう大きな推力を発生することができる。例えば、端部軟磁性体の無い第 8 実施例の場合に比較して数%乃至 10% 程度の推力向上が得られる。な

お、その他の作用効果は前述の第 7 実施例と同様である。

【0090】なお、上記第 10 実施例において、図 11 の仮想線に示すように、側板 35 A, 35 B の凸部 37 の内周側に固定されている軸受部材 36 内面と磁石可動体 23 A 側の円板状クッション板 31 A, 31 B 間に圧縮ばね 38 A を配設してもよい。該圧縮ばね 38 A は磁石可動体 23 A を中間位置に押し戻す作用を有する。従って、圧縮ばね 38 A を配設することで、磁石可動体 23 A が側板 35 A, 35 B に衝突して衝撃音が発生することを防止できるといった前記第 8 実施例と同様の作用効果が得られる。

【0091】図 12 は本発明の第 11 実施例である磁石可動型ポンプを示す。この図において、40 は往復動アクチュエータであり、該往復動アクチュエータ 40 の磁石可動体 43 の両側に、ケーシング室としてのシリンダ室 51 A, 51 B を設けるとともに、該シリンダ室 51 A, 51 B に往復駆動体としてのピストン 52 A, 52 B をそれぞれ摺動自在に設けて 2 個のポンプ部 53 A, 53 B を構成している。

【0092】前記往復動アクチュエータ 40 は、軟磁性体の円筒状ヨーク 41 の内側に、3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C と、該 3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C の各間及び両端側にそれぞれ配置された円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D とを有し、これらのコイル 2 A, 2 B, 2 C 及び円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D は、磁石可動体 43 を摺動自在に案内するためのガイド筒体 44 を構成する絶縁樹脂等の絶縁部材（非磁性材）で円筒状ヨーク 41 に固着されている。ガイド筒体 44 の内径は磁石可動体 43 の外径よりも僅かに大きく、内周は円周面となっている。磁石可動体 43 は、同極対向配置の 2 個の円柱状希土類永久磁石 5 A, 5 B と、これらの永久磁石 5 A, 5 B 間に配置される円柱状中間部軟磁性体 6 と、各永久磁石 5 A, 5 B の外側端面にそれぞれ配置される軸部品 45 A, 45 B と、非磁性筒状ホルダ 47 とからなり、それらの永久磁石 5 A, 5 B、中間部軟磁性体 6 及び軸部品 45 A, 45 B の円板状部 46 A, 46 B は筒状ホルダ 47 内に収納され接着剤、あるいはホルダ端部のかしめ等で固定されている。前記 3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C は永久磁石 5 A, 5 B の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線されている。すなわち、中央のコイル 2 B は中間部軟磁性体 6 及び永久磁石 5 A, 5 B の N 極を含む端部を囲み、両側のコイル 2 A, 2 C は、永久磁石 5 A, 5 B の S 極を含む端部をそれぞれ囲むことができるようになっており、かつ中央のコイル 2 B に流れる電流の向きと、両側のコイル 2 A, 2 C の電流の向きとは逆向きである（図 12 の各コイルに付した N, S を参照）。

【0093】前記磁石可動体 43 を摺動自在に案内するためのガイド筒体 44 の左側にポンプ部 53 A が構成さ

れている。すなわち、ガイド筒体 4 4 の左側に前記シリンダ室 5 1 A が形成されており、軸部品 4 5 A の軸 4 8 A の先端面にピストン 5 2 A がボルト 4 9 A で固定されている。ピストン 5 2 A の端面には吸入穴 5 4 A が形成されており、該吸入穴 5 4 A を閉塞するゴム等の可撓性板材の吸入弁 5 5 A が前記ボルト 4 9 A でピストン 5 2 A の端面に重なるように取り付けられている。また、シリンダ室 5 1 A の左側開口を密閉するために O リング 5 6 を介して蓋体 5 7 A が前記円筒状ヨーク 4 1 に固着されている。前記シリンダ室 5 1 A の右寄り位置に連通するように円筒状ヨーク 4 1 及びガイド筒体 4 4 を貫通する吸気穴 5 8 A が、シリンダ室 5 1 A の側壁を成す蓋体 5 7 A に排気穴 5 9 A がそれぞれ形成されている。

【0094】同様に、前記磁石可動体 4 3 を摺動自在に案内するためのガイド筒体 4 4 の右側にポンプ部 5 3 B が構成されている。すなわち、ガイド筒体 4 4 の右側にシリンダ室 5 1 B が形成されており、軸部品 4 5 B の軸 4 8 B の先端面にピストン 5 2 B がボルト 4 9 B で固定されている。ピストン 5 2 B の端面には吸入穴 5 4 B が形成されており、該吸入穴 5 4 B を閉塞するゴム等の可撓性板材の吸入弁 5 5 B が前記ボルト 4 9 B でピストン 5 2 B の端面に重なるように取り付けられている。また、シリンダ室 5 1 B の右側開口を密閉するために O リング 5 6 を介して蓋体 5 7 B が前記円筒状ヨーク 4 1 に固着されている。前記シリンダ室 5 1 B の左寄り位置に連通するように前記円筒状ヨーク 4 1 及びガイド筒体 4 4 を貫通する吸気穴 5 8 B が、シリンダ室 5 1 B の側壁を成す蓋体 5 7 B に排気穴 5 9 B が形成されている。

【0095】この第 1 1 実施例の往復動アクチュエータ 4 0 では、図 1 2 に示す極性になる如く 3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C に交互に逆極性の磁界を発生する向きに電流を通電することにより、磁石可動体 4 3 がフレミングの左手の法則に基づく推力により図 1 2 の右方向に移動し、当該磁石可動体 4 3 のストローク端近傍では、磁石可動体 4 3 と各円環状軟磁性体 8 B, 8 C, 8 D との間にディテント力（無励磁吸引力）が働いてそのままの移動方向（右方向）に吸引される。このディテント力は、磁石可動体 4 3 右端部の永久磁石 5 B 外側端面が円環状軟磁性体 8 D に近づくとともに最大となり、円環状軟磁性体 8 D の厚みの中央付近に到達するとディテント力は零となる。つまり、磁石可動体 4 3 のストローク端近傍での推力を強化している。このディテント力は、ピストン 5 2 A, 5 2 B 駆動時の反発力に対して打ち消す方向に働く。このため、磁石可動体 4 3 への負荷が増加したときのストロークの減少を少なくし、負荷の変動に伴う磁石可動体 4 3 のストロークの変動を抑えることができる。また、各コイル 2 A, 2 B, 2 C の電流を反転させれば磁石可動体 4 3 の推力の向きも反転し、同様にディテント力が働く。従って、各コイル 2 A, 2 B, 2 C に交流電流を流すことで、一定周期で往復運動を繰り返す

返す小型で推力の大きな往復動アクチュエータとして機能する。なお、往復動アクチュエータ 4 0 のその他の作用効果は、前記第 2 実施例における磁石可動型リニアアクチュエータと同様である。

【0096】上記したように、往復動アクチュエータ 4 0 を往復運動することで、シリンダ室 5 1 A, 5 1 B 内のピストン 5 2 A, 5 2 B が往復動し、2 個のポンプ部 5 3 A, 5 3 B を駆動することができる。すなわち、磁石可動体 4 3 が図 1 2 の右方向に動くとき、ポンプ部 5 3 A では吸入弁 5 5 A が開きシリンダ室 5 1 A の左側に吸気穴 5 8 A 及び吸入穴 5 4 A を介して空気を吸入し、ポンプ部 5 3 B ではピストン 5 2 B がシリンダ室 5 1 B 右側の空気を圧縮して排気穴 5 9 B を介し送出する。また、磁石可動体 4 3 が図 1 2 の左方向に動くときは、ポンプ部 5 3 B が空気を吸入し、ポンプ部 5 3 A が空気を排気穴 5 9 A を介し送出する。

【0097】この第 1 1 実施例の磁石可動型ポンプでは、往復動アクチュエータ 4 0 が小型、小電流で大きな推力が得られるものであり、円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D によるディテント力の付加で磁石可動体 4 3 のストローク端近傍での推力が強化されているため、磁石可動体 4 3 両側のポンプ部 5 3 A, 5 3 B での負荷が大きくてもストロークの減少を防ぎ、負荷の変動に伴うポンプ効率の変動を抑えることができる。従って、2 個のポンプ部 5 3 A, 5 3 B を駆動する小型で効率の良いエアープンプ等を実現できる。

【0098】図 1 3 は本発明の第 1 2 実施例である磁石可動型ポンプを示す。この場合は、往復駆動体としてのピストンに代えて往復動するダイアフラムを使用している。すなわち、往復動アクチュエータ 6 0 の構成は、前述の第 1 1 実施例の往復動アクチュエータ 4 0 とほぼ同様であり、軟磁性体の円筒状ヨーク 6 1 の内側に、3 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C と、円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D とを有し、前記磁石可動体 4 3 を摺動自在に案内するためのガイド筒体 6 4 を絶縁樹脂等の絶縁部材（非磁性材）で構成している。前記ガイド筒体 6 4 の左側にケーシング室 7 0 の右部分が形成されており、ケーシング室 7 0 の左部分を構成する有蓋筒体 7 1 の端面と前記ガイド筒体 6 4 の端面間に可撓性（弾性）を持つ薄板状のダイアフラム 7 2 の周縁部が挟持、固定されている。有蓋筒体 7 1 は前記円筒状ヨーク 6 1 のフランジ部に固着されており、吸気穴 7 3 及び排気穴 7 4 を有している。そして、吸気穴 7 3 の内側、及び排気穴 7 4 の外側にそれぞれ逆流防止用の弁 7 5, 7 6 が設けられている。例えば弁 7 5, 7 6 はゴム等の可撓性板材であり、一端にて有蓋筒体 7 1 に固定されている。ダイアフラム 7 2 の中央部は磁石可動体 4 3 に一体に固定されている軸部品 4 5 A の軸 4 8 A に連結されている。また、ガイド筒体 6 4 の右側には、前記軸部品 4 5 B の軸 4 8 B が摺動自在に嵌合する軸受穴 6 2 が形成されている。

なお、その他の構成は前記第 1 実施例と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付した。

【0099】この第 1 2 実施例の往復動アクチュエータ 60 は、前記第 1 1 実施例の往復動アクチュエータ 40 と同様に、フレミングの左手の法則に基づく推力とディテント力により往復運動することができ、各コイル 2 A, 2 B, 2 C に交流電流を流すことで、一定周期で往復運動を繰り返す小型で推力の大きな往復動アクチュエータとして機能する（図 1 3 に示す極性では磁石可動体 4 3 が右方向に移動する）。そして、この往復動アクチュエータ 60 を駆動することでダイアフラム 7 2 を往復動させ、ダイアフラム 7 2 で隔離されたケーシング室 7 0 の左側の流体導入室 7 8 の体積を増減することで、空気等の吸気穴 7 3 からの吸入、排気穴 7 4 からの排出を交互に繰り返し実行することができる。

【0100】この第 1 2 実施例の磁石可動型ポンプでは、往復動アクチュエータ 60 が小型、小電流で大きな推力が得られるものであり、円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D によるディテント力の付加で磁石可動体 4 3 のストローク端近傍での推力が強化されている。このディテント力は、ダイアフラム 7 2 駆動時の反発力に対して打ち消す方向に働く。特に、ダイアフラム 7 2 の弾性力が最大、すなわち負荷が最大となるストローク端に磁石可動体 4 3 が位置するときでも、ディテント力により充分な推力が得られ、磁石可動体 4 3 のストロークの減少を防止できる。従って、小型で効率の良いエアポンプを実現できる。

【0101】図 1 4 は本発明の第 1 3 実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す。この場合、円筒状ヨーク 1 の内側に、円柱状希土類永久磁石 5 A, 5 B, 5 C の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線された 4 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C, 2 D を有する分割ボビン 4 A, 4 B, 4 C, 4 D と、該分割ボビン 4 A, 4 B, 4 C, 4 D の各間及び両端側に円環状軟磁性体 8 A, 8 B, 8 C, 8 D, 8 E をそれぞれ配置固定し、磁石可動体 1 3 を摺動自在に案内するためのガイド筒体を構成している。磁石可動体 1 3 は、同極対向配置した 3 個の円柱状希土類永久磁石 5 A, 5 B, 5 C と、これらの永久磁石 5 A, 5 B, 5 C の各間に固着される円柱状中間部軟磁性体 6 A, 6 B と、永久磁石 5 A, 5 C の外側両端面にそれぞれ固着される円板状端部軟磁性体 9 A, 9 B とを一体化したものである。なお、その他の構成は前述の第 5 実施例と同様である。

【0102】この第 1 3 実施例の磁石可動型リニアアクチュエータは、前記第 5 実施例と同様に、フレミングの左手の法則に基づく推力とディテント力により往復運動することができ、各コイル 2 A, 2 B, 2 C, 2 D に交流電流を流すことで、一定周期で往復運動を繰り返すバイブレータとして機能する（図 1 4 に示す極性では磁石可動体 1 3 が右方向に移動する）。この場合、3 個の永

久磁石 5 A, 5 B, 5 C を有する磁石可動体 1 3 を 4 連のコイル 2 A, 2 B, 2 C, 2 D で駆動する構成として、前記第 5 実施例で示した 2 個の永久磁石を有する磁石可動体を 3 連のコイルで駆動する構成と比較して、全体的にフレミングの左手の法則に基づく推力とディテント力が増加するので、推力がさらに大きい磁石可動型リニアアクチュエータを実現できる。なお、その他の作用効果は前述の第 5 実施例と同様である。

【0103】なお、前記第 1 乃至第 1 2 実施例では、磁石可動体は 2 個の同極対向の永久磁石と両永久磁石間の中間部軟磁性体とを備える構成としたが、上記第 1 3 実施例で示したように、3 個の同極対向の永久磁石と各永久磁石間に設けた中間部軟磁性体とを有する磁石可動体を 4 連のコイルで駆動する構成を採用してもよい。さらに、4 個以上の同極対向の永久磁石と各永久磁石間に設ける中間部軟磁性体で磁石可動体を構成してもよく、これに対応させてコイル数も 5 個以上とすることができる。

【0104】なお、各実施例において、固定側軟磁性体である円環状軟磁性体は、装置の仕様を満足するように少なくとも 3 連のコイルの少なくとも一端側に配置固定すればよく、一端のみの場合、その一方向への推力が強化される。また、前記第 3 実施例で示した環状軟磁性体のように磁石可動体に対向する内周側を軸方向に幅広く形成する等形状を工夫して、固定側軟磁性体によるディテント力の強弱や分布を適宜変更可能である。

【0105】なお、各実施例において、両外側に位置する固定側軟磁性体としての円環状軟磁性体の少なくとも一方を軟磁性体円筒状ヨークと一体に形成する構成としてもよい。

【0106】また、各実施例において、軟磁性体ヨークとしての円筒状ヨーク 1, 2 1, 4 1, 6 1 を半割や軸方向に分割する等、複数個の分割ヨークを組み合わせて一体化する構成でもよい。また、円環状軟磁性体も半割等の複数個の分割軟磁性体を組み合わせて一体化する構成としてもよい。この場合、各分割ヨークと分割軟磁性体を予め一体に形成する構成も可能である。

【0107】なお、前記第 1 1 及び第 1 2 実施例のポンプにおいて、前記第 4、第 5 又は第 6 実施例と同様に、磁石可動体軸方向両端に位置する永久磁石の外側端面に端部軟磁性体を設ける構成としてもよい。

【0108】なお、前記各実施例において、コイルや固定側軟磁性体の相互の位置関係を一定に規制（規定）する手段は、ボビンを用いる構成でも、軟磁性体ヨークの内側に絶縁樹脂等の絶縁部材（非磁性材）で固着する構成でもよい。さらに、ボビンについては半割等の複数個の分割ボビンを組み合わせて一体化する構成が可能である。

【0109】前記各実施例では、円筒状の軟磁性体ヨーク及びガイド筒体を用いたが、これに限らず、例えば、

角筒状等の軟磁性体ヨーク及びガイド筒体を採用することもでき、これに合わせて磁石可動体の方も角柱乃至角筒状等にすることが可能であり、この場合も各コイルは磁石可動体の外周を周回するように巻回すればよく、固定側軟磁性体も磁石可動体の外周を囲むガイド筒体側に設ければよい。

【0110】さらに、前記第7乃至第10実施例では磁石可動体23、23Aの貫通軸体27の両側を軸受部材36で支持したが、貫通軸体の片側のみを軸受部材で支持する構造を採用してもよい。この場合、軸受部材も一方のみとなる（但し、軸受部材を長めにすることが望ましい。）。

【0111】また、前記第7乃至第10実施例では、軸受部材36により磁石可動体の貫通軸体27を支持しているため、絶縁樹脂等の絶縁部材（非磁性材）のガイド筒体24を省略して各コイルをヨーク21の内周側に絶縁固定する構造を採用することも可能である。

【0112】以上本発明の実施例について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なことは当業者には自明であろう。

【0113】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁石可動型リニアアクチュエータ及びポンプによれば、同極対向された少なくとも2個の永久磁石間に中間部軟磁性体を設けて磁石可動体を構成し、相互の位置関係が一定に規制された少なくとも3連のコイルの内側に当該磁石可動体を移動自在に設け、前記少なくとも3連のコイルの少なくとも一端側又は両端側で前記磁石可動体の移動を妨げないように固定側軟磁性体を固定配置し、前記少なくとも3連のコイルを、各永久磁石の磁極間を境にして相異なる方向に電流が流れる如く結線した構成としたので、磁石可動体の軸方向（長手方向）に垂直な磁束成分を充分大きくでき、かつ前記少なくとも3連のコイルと磁石可動体の各磁極が発生する磁束とを有効に鎖交可能であり、磁石可動体の垂直な磁束成分と各コイルに流れる電流との間のフレミングの左手の法則に基づいて磁石可動体に与えられる推力を充分大きくできる。

【0114】また、前記少なくとも3連のコイルの少なくとも一端側又は両端側に固定側軟磁性体を設けているので、磁石可動体とそのストローク端へ移動する際、磁石可動体の進行方向にディテント力（無励磁吸引力）が働き、ストローク端近傍側での推力低下を補う如く推力が強化されるため、磁石可動体への負荷が増加したときのストロークの減少を少なくすることができ、負荷の変動に伴う磁石可動体のストロークの変動を抑えることができる。

【0115】さらに、磁石可動体の往復運動時に、磁石可動体の一端が固定側軟磁性体を通過しても、その通過した端部を引き戻す如く固定側軟磁性体のディテント力

が磁石可動体の進行方向と反対に働くため、規制部材を設けずに磁石可動体のストロークを磁氣的に規制して往復運動させることも可能である。

【0116】また、前記少なくとも3連のコイルに対し一定位置関係に設けられたケーシング室に対し往復駆動体を設けるとともに、該往復駆動体を前記磁石可動体に連結して構成した磁石可動型ポンプの場合、磁石可動体（往復駆動体）の進行方向に働くディテント力が磁石可動体の変位量の増加に伴って大きくなる反発力を打ち消し、磁石可動体のストロークを充分確保してポンプ効率の向上を図り、負荷の変動に伴うポンプ効率の変動を抑えることができる。また、交流電圧にて直接電磁往復動させられるため、復帰用ばね等の機械的復帰機構が不要であり、部品点数の削減、機構の簡略化、更には小型化が可能である。従って、小型、小電流で効率良く駆動できる磁石可動型ポンプを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図2】同側面図である。

【図3】本発明の第2実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図4】本発明の第3実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図5】本発明の第4実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図6】本発明の第5実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図7】本発明の第6実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図8】本発明の第7実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図9】本発明の第8実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図10】本発明の第9実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図11】本発明の第10実施例の磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図12】本発明の第11実施例の磁石可動型ポンプを示す正断面図である。

【図13】本発明の第12実施例の磁石可動型ポンプを示す正断面図である。

【図14】本発明の第13実施例である磁石可動型リニアアクチュエータを示す正断面図である。

【図15】従来例を示す正断面図である。

【図16】図1の第1実施例の磁石可動型リニアアクチュエータと図15の従来例における磁石可動体の変位量と推力との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

1, 21, 41, 61 円筒状ヨーク

29

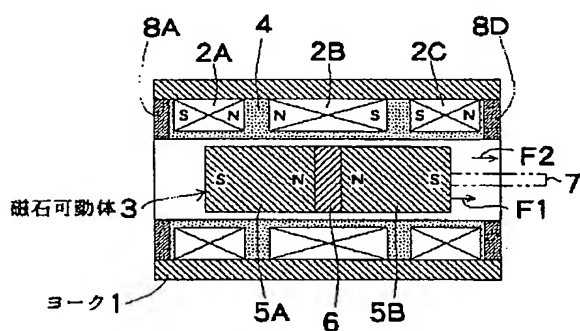
30

2A, 2B, 2C, 2D コイル
 3, 13, 15, 23, 23A, 43 磁石可動体
 4, 4A, 4B, 4C, 4D, 14A, 14B, 14C
 ボビン
 5A, 5B, 5C, 25A, 25B, 25C, 25D
 永久磁石
 6, 6A, 6B, 26 中間部軟磁性体
 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 18A, 18B, 18C, 18D 円環状軟磁性体
 9A, 9B, 29A, 29B 端部軟磁性体

* 27 貫通軸体
 35A, 35B, 35C, 35D 側板
 36 軸受部材
 38, 38A 圧縮ばね
 40, 60 往復動アクチュエータ
 51A, 51B シリンダ室
 52A, 52B ピストン
 53A, 53B ポンプ部
 72 ダイアフラム

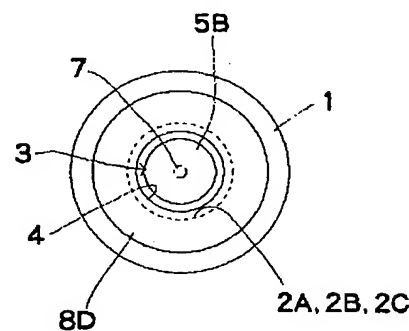
*10

【図1】

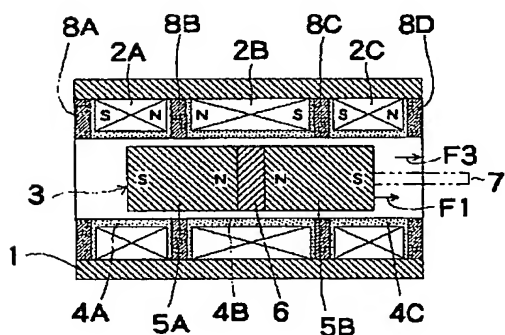


2A, 2B, 2C: コイル、5A, 5B: 永久磁石
 6: 中間部軟磁性体、8A, 8B: 円環状軟磁性体

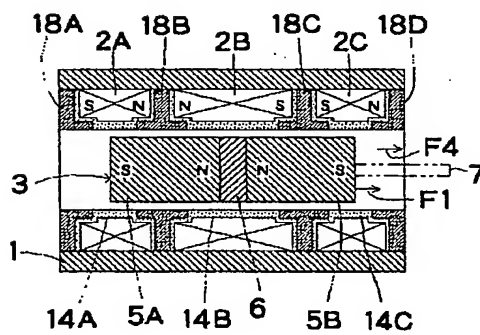
【図2】



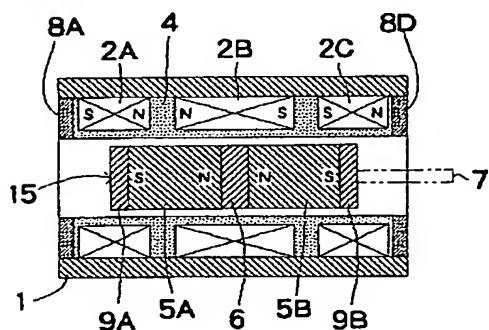
【図3】



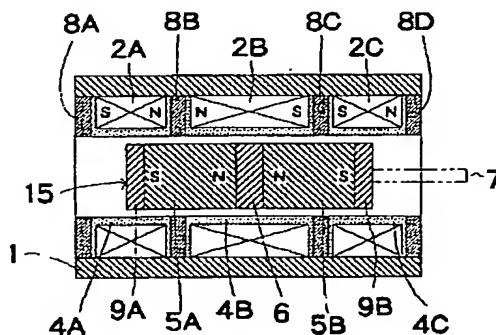
【図4】



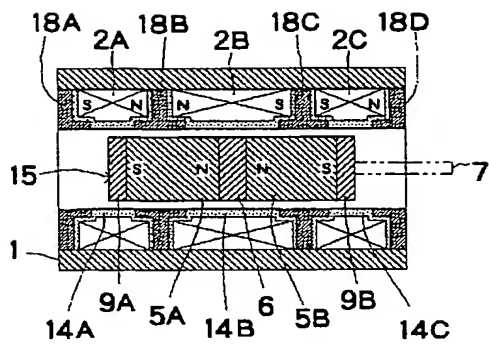
【図5】



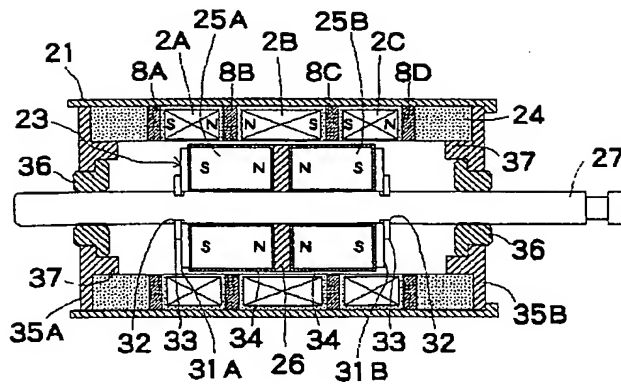
【図6】



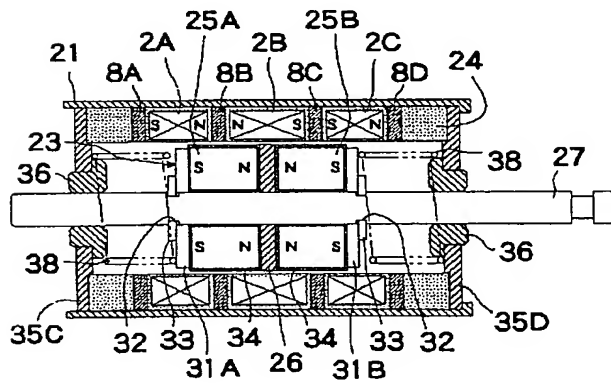
【図7】



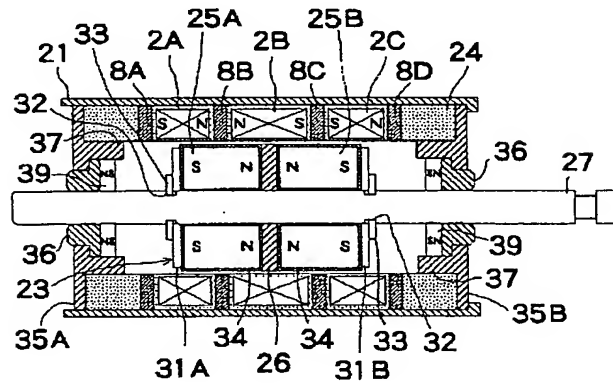
【図8】



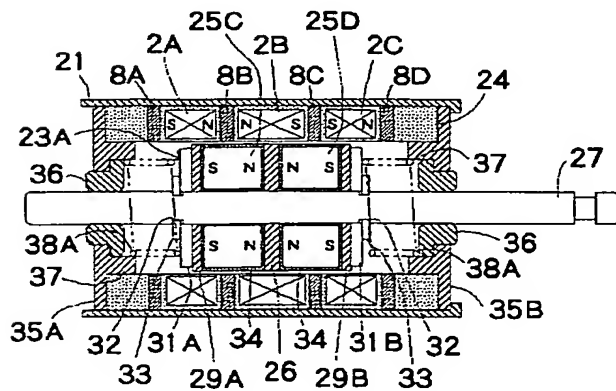
【図9】



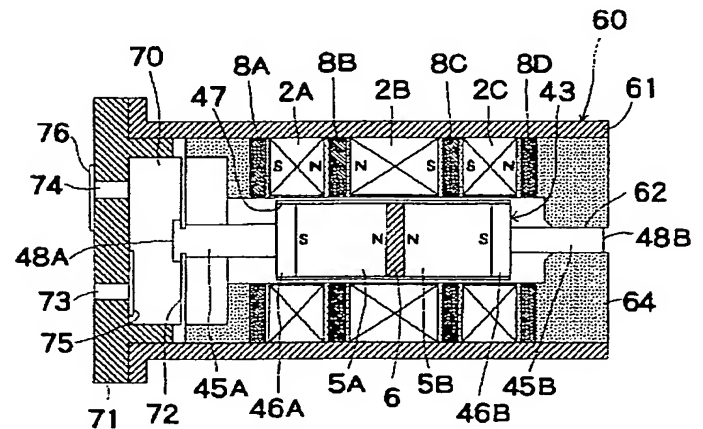
【図10】



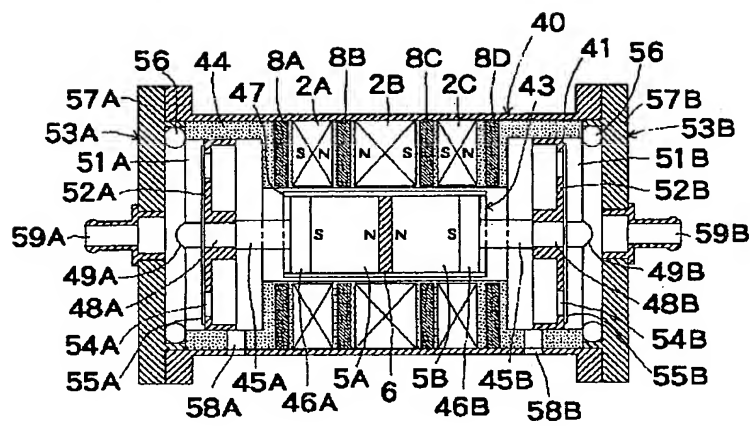
【図11】



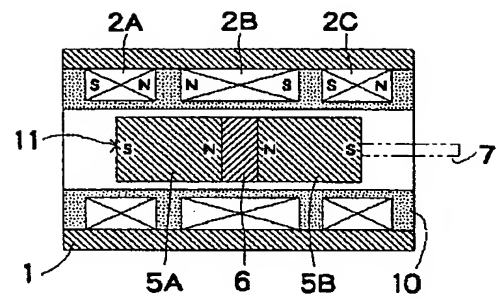
【図13】



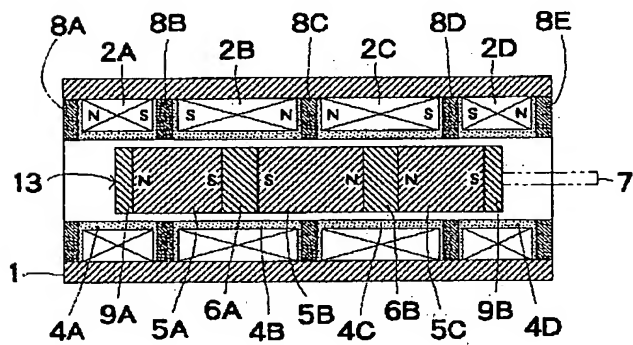
【図12】



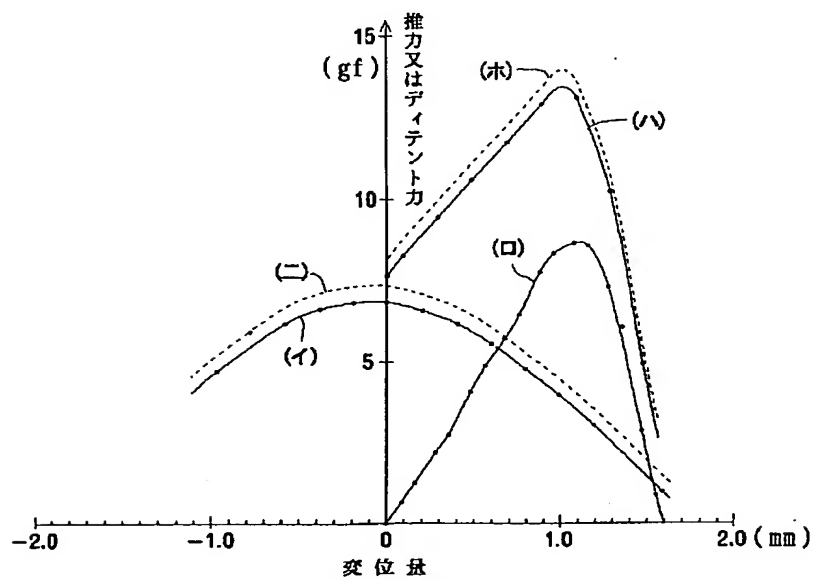
【図15】



【図14】



【図16】



【手続補正書】

【提出日】平成7年2月16日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図13

* 【補正方法】変更

【補正内容】

【図13】

*

